



**LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR PERIKANAN SEBAGAI PENGHASIL  
LISTRIK MELALUI TEKNOLOGI *MICROBIAL FUEL CELL***

Diusulkan Oleh :

Muhammad Rafiq Wahyudi	C34090044 (2009)
Rico Alwinskyah	C34080049 (2008)
Syeila Rosmalawati	C34090025 (2009)
Zhalindri Noor Adjani	C34090026 (2009)

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2013**

**LEMBAR PENGESAHAN  
PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. Judul Kegiatan                   | : Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan sebagai Penghasil Listrik Melalui Teknologi <i>Microbial Fuel Cell</i>   |
| 2. Bidang Kegiatan                  | : <input checked="" type="checkbox"/> PKMP                      ( ) PKMK<br>( ) PKMT                      ( ) PKMM   |
| 3. Bidang Ilmu                      | : ( ) Kesehatan <input checked="" type="checkbox"/> Pertanian<br>( ) MIPA                      ( ) Teknologi dan Rekayasa<br>( ) Sosial Ekonomi                      ( ) Humaniora<br>( ) Pendidikan |
| 4. Ketua Pelaksana                  |  |
| a. Nama Lengkap                     | : Muhammad Rafiq Wahyudi   |
| b. NIM                              | : C34090044  |
| c. Jurusan                          | : Teknologi Hasil Perairan   |
| d. Universitas/Institut/Politeknik: | Institut Pertanian Bogor   |
| e. Alamat Rumah / No. HP            | : Jalan Sigura-gura No. 4, komplek Laladon Indah, Ciomas, Bogor / 085710049479   |
| f. Alamat email                     | : joujoshi@gmail.com   |
| 5. Anggota Pelaksana Kegiatan       | : 4 orang  |
| 6. Dosen Pendamping                 | :  |
| a. Nama Lengkap dan Gelar           | : Dr.Ir. Bustami Ibrahim, M.Sc.  |
| b. NIDN                             | : 00002097602  |
| c. Alamat Rumah dan No.HP           | : Jln. Cihideung Ilir no. 8 rt 03/04 (Puri Chiwandi), Ciampea, Bogor   |
| 7. Biaya Kegiatan Total             | :  |
| a. Dikti                            | : Rp 9.500.000,00  |
| b. Sumber Lain                      | : -  |
| 8. Jangka Waktu Pelaksanaan         | : 4 bulan  |

Bogor, 22 Juli 2013

Menyetujui,  
Ketua Departemen THP



(Dr. Ir. Ruddy Suwandi, M.S., M.Phil.)  
NIP. 19580511 198503 1 002

Wakil Rektor Bidang Akademik  
dan Kemahasiswaan,



(Prof. Dr. Ir. Yenny Koesmarvono, MS)  
NIP. 19581228 198503 1 003

Ketua Pelaksana Kegiatan



(Muhammad Rafiq Wahyudi)  
NIM. C34090044

Dosen Pendamping



(Dr. Ir. Bustami Ibrahim, M.Sc.)  
NIDN. 00002097602

## Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan Sebagai Penghasil Listrik Melalui Teknologi *Microbial Fuel Cell*

### ABSTRAK

Listrik merupakan salah satu komponen yang sangat berperan banyak dalam kehidupan manusia. Namun, seiring dengan perkembangan jaman diperlukan pasokan energi yang banyak yang mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah cadangan bahan bakar khususnya minyak dan gas. Krisis energi ini memicu pengembangan sumber energi alternatif yaitu sel elektrokimia berbasis mikroba atau *microbial fuel cell*. Penelitian dilakukan secara empat tahap yang terdiri dari pembuatan limbah cair perikanan, analisis limbah cair perikanan, pembuatan alat *microbial fuel cell*, dan pengukuran elektrisitas limbah cair perikanan. Berdasarkan hasil pada erlakuan elektroda 1 pasang, elektroda 2 pasang, elektroda 3 pasang, dan elektroda 4 pasang menunjukkan semakin banyak katoda dan anoda dalam perlakuan sistem MFC maka semakin besar listrik yang dihasilkan. Sistem MFC dengan penyusunan seri terdiri dari 4 wadah MFC dengan satu pasang elektroda pada setiap wadah menghasilkan nilai rata-rata elektrisitas sebesar 0,748 V. Berdasarkan rata-rata listrik yang dihasilkan pada semua perlakuan maka MFC dengan perlakuan elektroda aluminium merupakan perlakuan yang menghasilkan rata-rata listrik paling besar dibandingkan dengan besi. Perlakuan dengan penambahan inokulum bakteri nitrifikasi dengan kepadatan bakteri  $10^9$  CFU/ml. Hasil uji menunjukkan elektrisitas yang paling tinggi adalah P1 dengan rata-rata 542,88 mV. Setiap perlakuan yang diberikan dalam sistem MFC menghasilkan elektrisitas yang berbeda-beda. Hasil penelitian menunjukkan elektrisitas optimal diperoleh pada penyusunan seri.

Kata kunci: Inokulum bakteri, jenis elektroda, jumlah elektroda, *microbial fuel cell*, rangkaian elektroda.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan nugraha-NYA lah, sehingga penulis dapat menyelesaikan pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa-Penelitian (PKM-P).

Laporan akhir ini merupakan langkah pertanggungjawaban yang diberikan penulis untuk menjelaskan hasil yang telah diperoleh dalam pelaksanaan kegiatan program kreativitas mahasiswa. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan kegiatan tersebut.

Penulis menyadari bahwa laporan akhir Program Kreativitas Mahasiswa-Penelitian (PKM-P) ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan laporan ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

Bogor, Agustus 2013

Penulis

## **A. PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang Masalah**

Listrik merupakan salah satu komponen yang sangat berperan banyak dalam kehidupan manusia. Namun dengan adanya eksploitasi energi secara besar-besaran yang mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah cadangan bahan bakar khususnya minyak dan gas. Hal inilah yang memicu terjadinya kenaikan harga dan krisis energi di negeri ini. Krisis energi ini memicu pengembangan sumber energi alternatif (*renewable*), salah satunya *Microbial fuel cell* (MFC) yang memanfaatkan materi organik untuk digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi dalam melakukan aktivitas metabolismenya. Sistem ini memanfaatkan air buangan sebagai sumber energi (substrat).

Limbah cair yang memiliki potensi untuk diteliti adalah limbah cair domestik dari IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Pada penelitian yang dilakukan pada IPAL Kricak, elektrisitas terbesar yang dihasilkan pada bak *black water* adalah sebesar 0,91 volt, pada bak sedimentasi awal adalah 0,63 volt, lalu bak *anaerobic filter* sebesar 0,80 volt dan bak *rotating biological contractor* sebesar 0,5 volt dengan kisaran suhu 27 °C - 28 °C. Hal ini membuat limbah cair memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif lokal masa depan. Sistem MFC ini menghasilkan jumlah energi yang sedikit tetapi berorientasi jangka panjang sehingga diharapkan biaya operasional dapat ditekan menjadi lebih murah.

### **2. Perumusan Masalah**

Pengolahan terhadap limbah cair perikanan seharusnya menjadi tanggung jawab setiap industri pengolahan, namun karena proses pengolahan limbah cair membutuhkan biaya diluar biaya produksi sehingga banyak industri pengolahan yang mengabaikan pengolahan limbah. Hal ini mendorong diciptakannya suatu sistem pengolah limbah cair industri perikanan menggunakan sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC), namun perlu diketahui mengenai tingkat keefektifannya.

### **3 Tujuan Program**

Mempelajari kemampuan limbah cair perikanan sebagai penghasil listrik melalui teknologi *Microbial fuel cell* (MFC) dengan penggunaan lumpur aktif dan inokulan bakteri, jenis elektroda yang tepat, serta rangkaian elektroda secara seri dan paralel sehingga dapat menghasilkan listrik yang optimal.

### **4 Luaran yang Diharapkan**

Mengolah limbah hasil perairan sehingga dapat meminimalisir pencemaran lingkungan dengan mengurangi komponen organik, serta dapat menghasilkan biolistrik dari pemanfaatan limbah cair yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi untuk pengolahan limbah cair tersebut.

### **5 Kegunaan Program**

Penelitian ini dapat digunakan sebagai data awal untuk penelitian selanjutnya mengenai *Microbial Fuel Cell* (MFC), mendorong timbulnya usaha atau produksi energi alternatif dengan bahan baku limbah cair serta program *zero waste* dari pemerintah, dan sebagai informasi teknologi alternatif dalam mengolah limbah cair bagi industri perikanan di Indonesia yang menghasilkan limbah sejenis.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

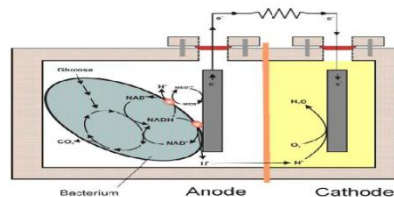
Limbah industri perikanan dapat didefinisikan sebagai apa saja yang tersisa dan terbuang dari suatu kegiatan penangkapan, penanganan, dan pengolahan hasil perikanan (Rieuwpassa dan Salampessy 1997). Limbah cair selama ini dibuang langsung ke selokan/sistem *drainase* tanpa pengolahan yang memadai. Limbah cair mengandung bahan organik dalam konsentrasi tinggi karena keberadaan minyak, protein, padatan tersuspensi, dan nutrient (Ibrahim 2005). Air limbah perikanan mengandung parameter BOD, COD, TSS, minyak dan lemak yang mencemari air bila dibuang langsung. Pada musim ikan, diperkirakan terdapat limbah cair sebanyak 1.300 m<sup>3</sup>/hari (Suprihatin dan Romli 2009).

Tabel 1 Karakteristik Limbah Industri Perikanan

parameter	satuan	Kegiatan Pembekuan	Kegiatan Pengalengan	Tepung Ikan
pH	-	6-9		
TSS	mg/L	100	100	100
Sulfida	mg/L	-	1	1
Amonia	mg/L	10	5	5
Klor bebas	mg/L	1	1	-
BOD	mg/L	100	75	100
COD	mg/L	200	150	300
Minyak lemak	mg/L	0,02	8,54	6,54

Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2007)

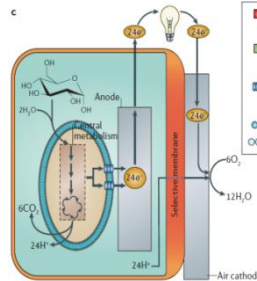
*Microbial fuel cell* (MFC) dikenal sebagai teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik melalui proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme melalui reaksi katalitik atau melalui mekanisme sistem bioelektrokimia dari mikroorganisme (Logan 2008). Hal inilah yang mendasari pemanfaatan MFC menggunakan limbah cair. Menurut Fitrialdi (2011), sistem MFC ini akan memanfaatkan hasil dari proses metabolisme bakteri. Bakteri akan melakukan metabolisme dengan mengurai glukosa menjadi hydrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>). Hydrogen merupakan bahan baku yang digunakan untuk reaksi reduksi dengan oksigen, sehingga melepaskan elektron pada anoda sebagai sumber arus listrik.



Gambar 1 Prinsip kerja sel bahan bakar mikroba (MFC) (Sitorus 2010)

Kinerja dari MFC ini di pengaruhi oleh beberapa faktor, seperti bahan elektroda, permukaan elektroda, jarak antar elektroda, membran, pH, suhu, serta tipe media yang digunakan pada bejana anoda tersebut. selain dari parameter tersebut, kinerja dari MFC bisa diatur dengan kondisi operasi yang dikenakan pada reaktor, seperti kekuatan limbah cair dan karateristiknya. Bakteri pada sistem MFC yang menggunakan biakan bakteri murni memiliki beberapa kelemahan, seperti berkembang dengan lambat, memiliki resiko tinggi untuk terkontaminasi, dan harus berada di substrat yang spesifik dibandingkan dengan biakan bakteri yang tercampur (Behera dan Ghangrekar 2009).

Beberapa tipe MFC yang telah dikembangkan meliputi disain MFC dua bejana, satu bejana, *upflow*, datar, dan berbentuk tabung, namun MFC yang menggunakan katoda udara adalah tipe yang paling memungkinkan untuk skalanya pada pengolahan limbah cair berdasarkan energi yang dihasilkan, strkturnya yang sederhana, dan harganya relatif murah (Cheng dan Logan 2011). Sistem kerja MFC satu bejana dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Sistem kerja MFC satu bejana (Lovely 2006)

MFC satu bejana saat ini sedang dikembangkan karena bisa memanfaatkan sebuah katoda yang berhubungan langsung dengan udara dan bisa mengurangi penambahan konsumsi energi yang besar serta biaya pembuatan yang lebih murah (Sun 2009). Banyak bentuk dari disain MFC ini, yang menarik perhatian adalah MFC satu bejana dengan menggunakan katoda yang berhubungan langsung dengan udara, karena jenis MFC ini menghilangkan penggunaan PEM (*proton exchange membrane*) yang mahal dan menghasilkan energi listrik yang lebih besar dibandingkan model lainnya (Zhu *et al.* 2011).

### C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam empat tahap yang terdiri dari pembuatan limbah cair perikanan, analisis limbah cair perikanan, pembuatan alat *microbial fuel cell*, dan pengukuran elektrisitas limbah cair perikanan dengan metode sebagai berikut :

#### 1. Persiapan alat MFC

Bejana yang digunakan terbuat dari bahan *acrylic* dengan dimensi 10x7x10 cm serta wadah bervolume 1,8 L sebagai *chamber MFC*. Volume limbah cair yang digunakan adalah 600 ml pada uji rangkaian karbon dan 1,2 L pada uji lainnya. Elektroda yang digunakan adalah karbon grafit, alumunium, besi, dan tembaga berukuran 7x1x1 cm. Sistem MFC yang digunakan merupakan sistem MFC satu bejana tanpa membran mengacu pada penelitian Lovely (2006).

#### 2. Pembuatan Limbah Cair Perikanan

Pembuatan limbah cair dilakukan menurut cara Fauzie *et al.* (2003) diacu dalam Ibrahim *et al.* (2009) yaitu limbah potongan daging dan kulit ikan yang diperoleh dari proses pengolahan fillet ikan dicincang, selanjutnya direbus pada air mendidih selama 10 menit dengan rasio berat ikan (kg) dan volume air (liter) adalah 1:5.

#### 3. Pengukuran elektrisitas

Sistem MFC pada setiap perlakuan yang sudah diisi limbah cair perikanan buatan kemudian akan diukur elektrisitasnya. Masing-masing elektroda (anoda-katoda) di kedua bejana dihubungkan dengan kabel lalu dihubungkan oleh multimeter. Pengukuran dilakukan setiap satu jam selama 5 hari, sehingga data elektrisitas yang diperoleh adalah selama 120 jam.

#### 4. Analisis Limbah Cair Perikanan

Analisis limbah cair perikanan merupakan uji yang dilakukan untuk menentukan kandungan organik yang secara umum terdapat dalam air limbah baik limbah awal maupun setelah digunakan pada sistem MFC setelah 5 hari. Analisis limbah cair perikanan dilakukan melalui tahapan penentuan *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), total amoniak nitrogen (TAN), *mixed liquor suspended solids* (MLSS), dan *mixed liquor volatile suspended solids* (MLVSS).

##### a. Analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) (SNI 6989.72 2009)

Cara uji ini digunakan untuk menentukan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam contoh uji air limbah, efluen atau air yang tercemar yang tidak mengandung atau yang telah dihilangkan zat-zat toksik dan zat-zat pengganggu lainnya. Pengujian dilakukan pada suhu  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 5 hari  $\pm$  6 jam.

##### b. Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Prosedur penentuan parameter COD adalah 1 gr  $\text{HgSO}_4$ , lalu ditambahkan 5 ml  $\text{HgSO}_4$  dan diaduk hingga  $\text{HgSO}_4$  larut. Botol refluks ditempatkan dalam ruang es dan ditambahkan 25 ml  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,25 N dan reagen  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Ag}_2\text{SO}_4$  sambil diaduk perlahan. Kemudian diambil 50 ml sampel dan dimasukkan ke dalam botol refluks dengan tetap berada di ruang es. Sampel direfluks selama 2 jam, lalu didinginkan dan ditambahkan dengan 8-10 tetes indikator ferroin dan dititrasi menggunakan larutan ferrous ammonium sulfat  $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2]$  hingga berubah warna dari hijau terang menjadi kemerahan tajam. Selain itu dilakukan juga titrasi terhadap blanko.

##### c. Analisis kadar $\text{NH}_3\text{N}$ (Nitrogen Ammonia)

Bahan diaduk selama 10 menit pada kecepatan 5000 rpm. Selanjutnya sebanyak 50 ml contoh dipipet dan dimasukkan ke dalam labu takar dan ditambahkan dengan reagen Nessler sebanyak 2 ml, lalu diaduk. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang gelombang 400-425 nm. Konsentrasi amonia ditentukan dengan menggunakan kurva kalibrasi yang dibuat dengan menggunakan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  pada konsentrasi 0,2 – 0,5 mg  $\text{NH}_3\text{-N/liter}$ .

##### d. Analisis MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solids*) (APHA 1975)

*Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS) merupakan jumlah total Suspended Solid (TSS) dalam mg/l lumpur. Kertas saring Whatman 42 dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu  $100 - 105^{\circ}\text{C}$  dan selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kemudian diambil sampel sebanyak 50 ml dengan diaduk terlebih dahulu dan disaring. Setelah itu kertas saring tersbur dikeringkan dala oven pada suhu  $100 - 105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Kertas saring didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

##### e. Analisis MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solids*) (APHA 1975)

Prosedur penentuan parameter MLVSS adalah cawan porselin yang akan digunakan dikeringkan dalam tanur selama 10 menit pada suhu  $550^{\circ}\text{C}$  dan selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kertas saring dari uji MLSS dimasukkan ke dalam cawan porselidan diletakkan dalam tanur selama 2 jam pada suhu  $550^{\circ}\text{C}$  lalu didinginkan dan ditimbang.



## D. PELAKSANAAN PROGRAM

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret sampai Juli 2013 bertempat di Laboratorium Biokimia Hasil Perikanan, Laboratorium Membran, dan Laboratorium Lingkungan Perairan, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

### Jadwal Faktual Pelaksanaan

Kegiatan penelitian ini dilakukan selama 4 bulan dengan rincian jadwal kegiatan sebagai berikut.

Kegiatan	Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan ke-3				Bulan ke-4				Bulan ke-5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Penyediaan Alat dan Bahan	■	■	■	■																
Pengambilan sampel limbah cair																				
Persiapan kelengkapan alat, kebutuhan penelitian, dan laboratorium					■	■	■	■												
Pembuatan model alat MFC					■	■	■	■												
Uji limbah awal									■				■							
Uji elektrisitas pada sistem MFC										■				■						
Uji limbah akhir											■				■					
Analisis hasil uji												■				■				
Evaluasi										■				■			■	■	■	■
Laporan Akhir																				■

### Rancangan Biaya

Biaya yang diterima pada penelitian ini adalah sebesar Rp 9.500.000 dengan rincian biaya yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

## E. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian penelitian yang dilakukan adalah uji MFC lumpur aktif dengan perlakuan penyusunan elektroda karbon secara paralel dalam satu wadah, perlakuan penyusunan elektroda karbon secara seri dalam wadah berbeda, perlakuan jenis elektroda, dan MFC dengan perlakuan penambahan inokulan bakteri pengurai limbah. Sebelum dilakukan pengujian terhadap perlakuan tersebut, limbah cair terlebih dahulu diuji karakteristiknya. Hasil penelitian yang telah dicapai adalah sebagai berikut :

### 1. Karakteristik limbah cair buatan

Tabel 1 Karakteristik limbah cair perikanan buatan

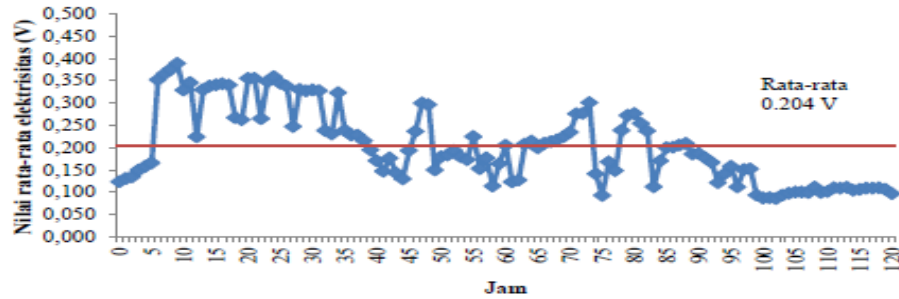
Parameter	Stasiun	Limbah cair buatan	Limbah cair industri perikanan *
Total N	mg/l	802,8	111
BOD <sub>5</sub>	mg/l	428	184
COD	mg/l	1205,33	571
Amonia	mg/l	3,5	1,5

\*Sumber: Ibrahim (2007)

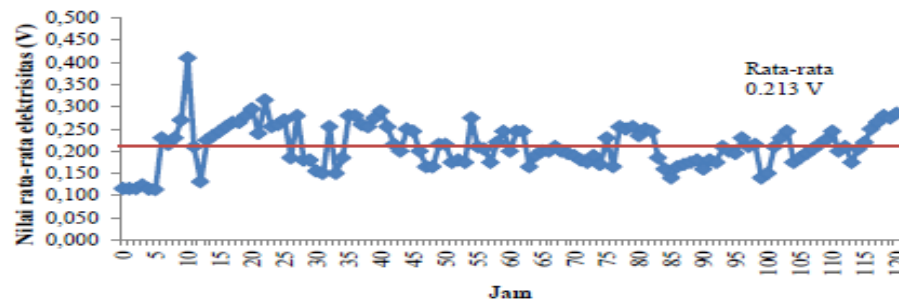
Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa limbah cair buatan memiliki nilai total N, BOD5, COD, dan amonia yang lebih tinggi dibandingkan limbah cair industri perikanan sehingga memenuhi kriteria limbah cair industri perikanan sebenarnya (khususnya industri pengalengan tuna dan sardin) (Ibrahim 2007).

## 2. MFC lumpur aktif dengan elektroda karbon secara paralel satu wadah

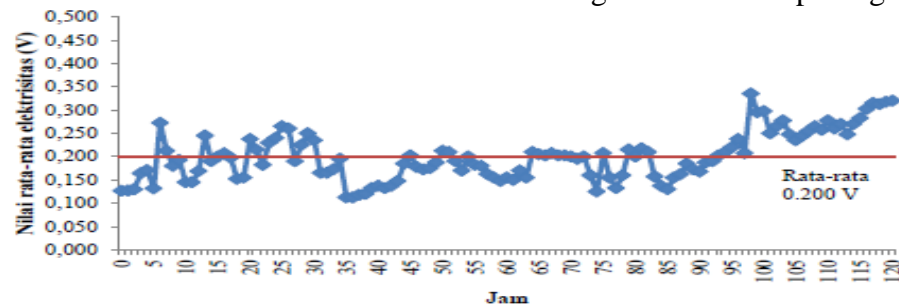
Perlakuan sitem MFC secara paralel dilakukan dengan cara menempatkan pasangan elektroda karbon pada satu wadah dan ada 4 wada yang digunakan dengan masing-masing jumlah elektroda 1, 2, 3, dan 4 pasang. Elektroda tersebut dihubungkan secara paralel dengan tembaga.



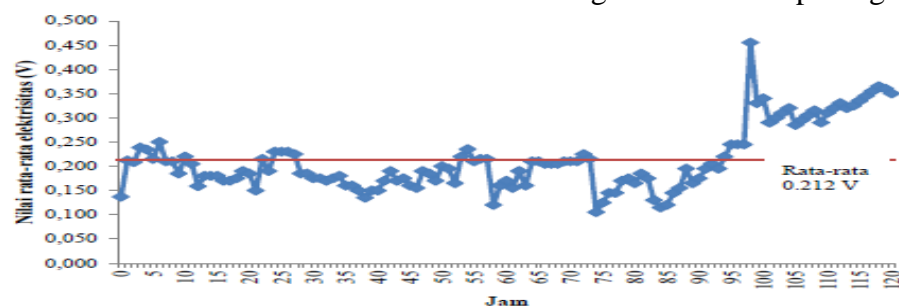
Gambar 3 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 1 pasang



Gambar 4 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 2 pasang



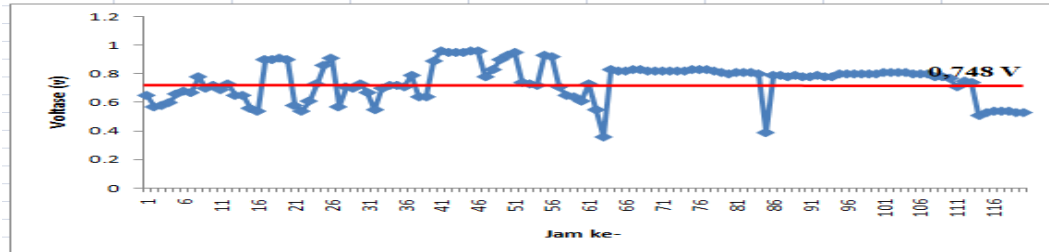
Gambar 5 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 3 pasang



Gambar 6 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 4 pasang

Pada semua perlakuan baik elektroda 1 pasang, elektroda 2 pasang, elektroda 3 pasang, dan elektroda 4 pasang menunjukkan semakin banyak katoda dan anoda dalam perlakuan sistem MFC maka semakin besar listrik yang dihasilkan. Elektrisitas yang dihasilkan memiliki nilai yang berfluktuasi pada semua perlakuan. Pada jam ke-0 rata-rata nilai elektrisitas sebesar 0,124 V pada elektroda 1 pasang, 0,116 V pada elektroda 2 pasang, 0,127 V pada elektroda 3 pasang, dan 0,137 pada elektroda 4 pasang.

### 3. MFC lumpur aktif dengan elektroda karbon secara seri wadah berbeda

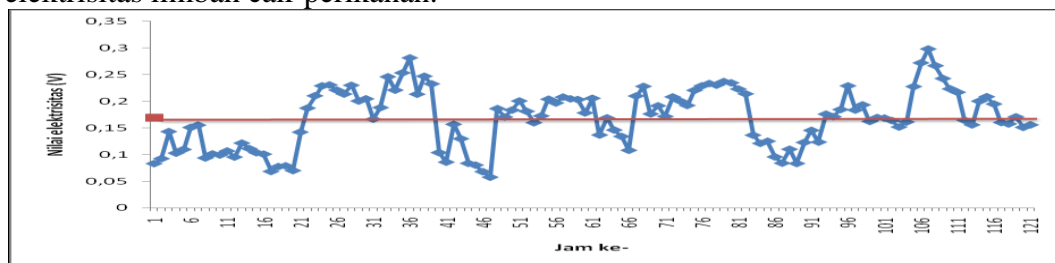


Gambar 7 Nilai elektrisitas MFC menggunakan rangkaian seri

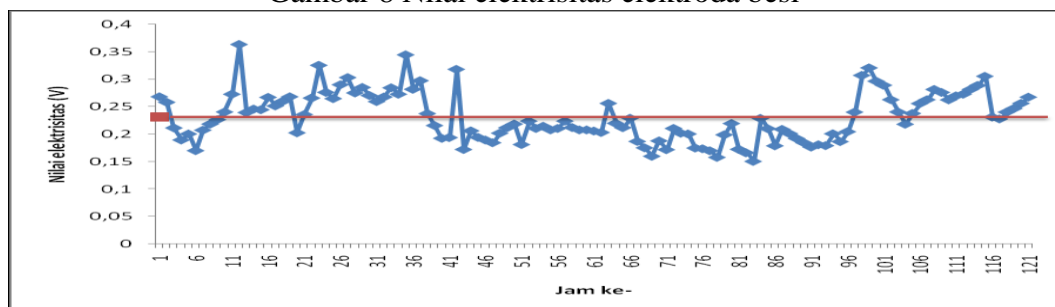
Sistem MFC dengan penyusunan seri terdiri dari 4 wadah MFC dengan satu pasang elektroda pada setiap wadah. Berdasarkan hasil, perlakuan seri menghasilkan nilai rata-rata elektriitas sebesar 0,748 V. Hasil elektrisitas ini cukup besar untuk penelitian MFC, elektrisitas yang diperoleh pada sistem ini berasal dari akumulasi elektrisitas yang dihasilkan oleh 4 wadah MFC yang dihubungkan seri.

### 4. MFC lumpur aktif dengan perlakuan jenis elektroda

Pada penelitian ini, elektrisitas dalam sistem MFC diukur setiap jam selama 5 hari dalam satuan Volt. Menurut Suyanto *et al.* (2010), pengukuran setiap jam pada sistem ini karena tiap reaksi metabolisme di dalam sistem MFC sangat cepat sekali sehingga memberikan pengaruh pada besar kecilnya elektrisitas yang dihasilkan. Gambar 6, dan Gambar 7 dibawah ini menunjukkan hasil pengukuran elektrisitas limbah cair perikanan.



Gambar 8 Nilai elektrisitas elektroda besi

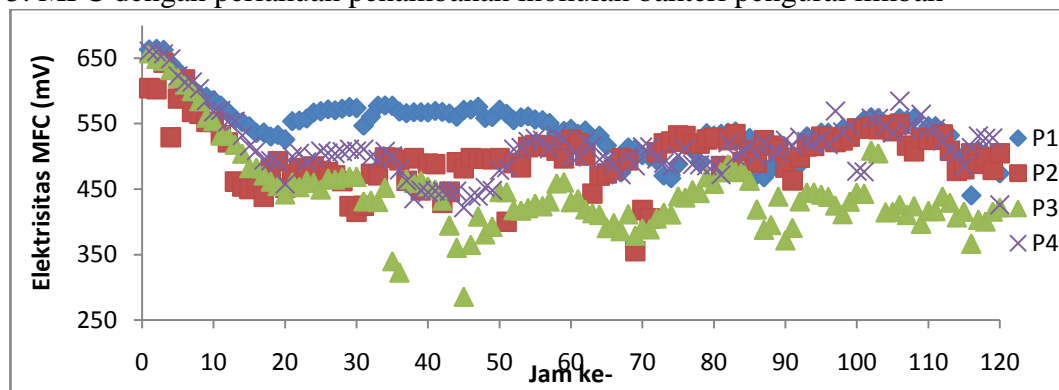


Gambar 9 Nilai elektrisitas elektroda alumunium

Gambar 8 menunjukkan nilai elektrisitas perlakuan jenis elektroda dengan menggunakan besi. Elektrisitas dengan nilai paling kecil pada elektroda besi adalah 0,058 V saat pengukuran jam ke-46. Kemudian besarnya elektrisitas ini naik pada jam ke-47 menjadi 0,186 V sampai akhir pengukuran pada jam ke-120 menghasilkan listrik sebesar 0,156 V. Rata-rata listrik yang dihasilkan pada elektroda besi adalah 0,17 V.

Gambar 9 menunjukkan nilai elektrisitas perlakuan jenis elektroda dengan menggunakan alumunium. Nilai elektrisitas pada Gambar 2 yang paling besar adalah sebesar 0,36 V saat pengukuran jam ke-11 kemudian menurun sampai 0,172 V pada jam ke-42. Pada elektroda alumunium ini nilai elektrisitas yang paling kecil adalah 0,15 V pada pengukuran jam ke-82. Rata-rata listrik yang dihasilkan pada elektroda alumunium adalah 0,23 V.

### 5. MFC dengan perlakuan penambahan inokulan bakteri pengurai limbah



Gambar 10 Nilai elektrisitas dalam MFC menggunakan inokulum bakteri

◆ P1 = Inokulum 0,5 ml    ■ P2 = Inokulum 1 ml    ▲ P3 = Inokulum 2 ml    ✕ P4 = Inokulum 8 ml

Hasil pada Gambar 10 menunjukkan elektrisitas yang dihasilkan oleh sistem MFC satu bejana dengan pasangan elektroda karbon dan aluminium. Perlakuan yang dilakukan pada uji ini adalah penambahan inokulum bakteri nitrifikasi dengan kepadatan bakteri  $10^9$  CFU/ml. Perlakuan yang diberikan adalah jumlah penambahan bakteri yaitu 0,5, 1, 2, dan 4 ml dengan pengukuran elektrisitas dalam satuan mV selama 120 jam. Hasil uji menunjukkan elektrisitas yang paling tinggi adalah P1 dengan rata-rata 542,88 mV. Perlakuan uji yang lainnya memiliki nilai rata-rata yang lebih rendah, yaitu P2 sebesar 500,96 mV, P3 446,88 mV, dan P4 512,98 mV. Berdasarkan gambar hasil, dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi penurunan nilai elektrisitas dari awal hingga akhir pengamatan selama 120 jam.

### 5.2 Pembahasan

Hasil elektrisitas pada keseluruhan uji menunjukkan adanya fluktuasi nilai voltase yang dihasilkan. Terjadinya fluktuasi pada listrik yang dihasilkan di masing-masing perlakuan ini karena adanya aktivitas metabolisme yang dilakukan oleh bakteri. Selama aktivitas katabolisme ini senyawa kompleks dipecah menjadi senyawa sederhana dan selisih dari total energi yang dihasilkan dan digunakan dapat menurun atau meningkat. Peningkatan atau penurunan listrik yang dihasilkan ini berhubungan dengan jumlah elektron bebas yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Selain itu, fluktuasi listrik yang dihasilkan ini dapat pula disebabkan oleh interaksi dan persaingan antara bakteri di dalam substrat

pertumbuhan. Penurunan yang terjadi pada akhir pengukuran elektrisitas pada MFC disebabkan karena seiring bertambahnya hari maka nutrisi yang di dalam substrat telah digunakan untuk aktivitas metabolisme bakteri sehingga nutrisi tersebut berkurang (Suyanto *et al.* 2010).

Perlakuan jenis elektroda dan rangkaian seri menggunakan penambahan lumpur aktif. Lumpur aktif merupakan kumpulan flok bakteri yang dapat menguraikan kandungan organik yang terdapat di dalam limbah cair. Menurut Sitorus (2010), untuk meningkatkan perolehan energi listrik dilakukan penambahan lumpur aktif. Hal ini dilakukan juga agar dapat menurunkan kadar pencemar pada limbah cair perikanan yang digunakan. Selain lumpur aktif, bakteri inokulan juga digunakan pada uji efektifitas jumlah penambahan inokulan bakteri. Fungsi inokulan bakteri sama seperti lumpur aktif, yaitu untuk menguraikan limbah secara biologis, namun diketahui secara pasti bakteri yang berperan yaitu bakteri pengurai amonia-nitrit seperti *Aerobacter* sp, *Nitrobacter* sp, *Nitrosomonas* sp, *Saccharomyces*, dan *Bacillus* sp.

Berdasarkan rata-rata listrik yang dihasilkan pada perlakuan elektroda sejenis yang paling tinggi adalah pada elektroda aluminium dan rangkaian seri menghasilkan rata-rata listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Perlakuan jenis elektroda aluminium menghasilkan listrik dengan rata-rata sebesar 0,28 V, lebih besar daripada elektroda karbon dan besi pada jumlah elektroda yang sama, yaitu satu pasang dalam satu wadah. Sedangkan berdasarkan hasil uji melalui beberapa perlakuan, sistem MFC satu bejana yang terbaik dalam menghasilkan elektrisitas adalah dengan penggunaan kombinasi elektroda karbon dan aluminium. Perlakuan tersebut mampu menghasilkan rentang elektrisitas 446,88-542,88 mV, lebih tinggi dibandingkan pasangan elektroda satu jenis saja, baik karbon, elektroda, maupun besi. Besarnya listrik yang dihasilkan dalam sistem MFC ini karena adanya perbedaan sifat kereaktifan dan nilai dari potensial standar dari masing-masing jenis elektroda yang digunakan. Aluminium merupakan unsur dari golongan IIIA dengan nilai potensial standar sebesar -1,66 volt sedangkan besi merupakan unsur golongan VIID yang memiliki nilai potensial standar sebesar -0,44 volt. Berdasarkan perbedaan nilai potensial standar tersebut, aluminium memiliki sifat kereaktifan yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi sehingga posisi aluminium dalam deret volta berada di sebelah kiri besi. Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret volta menandakan bahwa logam semakin mudah melepas elektron dan merupakan reduktor yang kuat.

Hasil lainnya adalah perangkaian pasangan elektroda pada sistem MFC. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan pasangan elektroda karbon dalam satu wadah MFC baik satu pasang hingga empat pasang secara paralel menghasilkan elektrisitas yang lebih rendah daripada satu pasang elektroda yang dirangkai secara seri. Rangkaian seri dari sepasang elektroda pada setiap MFC mengakumulasi elektrisitas yang dihasilkan pada setiap sistem sehingga jumlahnya lebih besar dibandingkan rangkaian paralel dari pasangan elektroda yang ditempatkan dalam satu wadah yang sama.

Hasil uji lainnya adalah pada sistem MFC yang menggunakan kombinasi elektroda karbon dan aluminium dengan 4 perlakuan jumlah penambahan inokulum bakteri nitrifikasi. Hasil rata-rata elektrisitas yang dihasilkan adalah P1 sebesar 542,88 mV, P2 sebesar 500,96 mV, P3 446,88 mV, dan P4 512,98 mV.

Perbandingan hasil sistem MFC dengan penambahan lumpur aktif dan inokulum bakteri nitrifikasi menunjukkan kemampuan mengurai limbah perikanan yang relatif sama. Berdasarkan efisiensi jumlah penambahan, inokulan bakteri lebih unggul karena dengan jumlah yang sedikit yaitu 0,5-4 ml pada sistem MFC dengan limbah cair sebanyak 1.000 ml sudah mampu menghasilkan biolistrik yang relatif sama dengan penggunaan lumpur aktif yang jumlahnya lebih banyak, yaitu 1:10 atau 100 ml pada sistem MFC dengan jumlah limbah yang sama.

## **F. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Limbah cair perikanan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui teknologi MFC satu bejana. Berdasarkan hasil laboratorium, limbah cair buatan memiliki nilai total N, BOD<sub>5</sub>, COD, dan amonia yang lebih tinggi dibandingkan limbah cair industri perikanan. Jenis elektroda sejenis yang terbaik dalam menghasilkan biolistrik adalah elektroda aluminium, namun penggunaan kombinasi elektroda aluminium dan karbon mampu menghasilkan elektrisitas yang lebih baik. Sistem MFC yang menggunakan rangkaian elektroda seri (satu pasang elektroda pada wadah berbeda) mampu menghasilkan nilai elektrisitas yang lebih baik daripada rangkaian paralel (lebih dari satu pasangan elektroda pada satu wadah) dengan jumlah elektroda yang sama.

### **Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan hari pengamatan listrik sampai senyawa organik di dalam limbah cair berada di bawah baku mutu yang ditetapkan dan kondisi anaerobik pada bejana anoda tercapai. Selain itu, perlu dilakukan uji pada sistem MFC yang berbeda seperti MFC dua bejana yang menggunakan (*Proton Exchange Membrane*) agar dapat dibandingkan efektifitas dalam menghasilkan biolistrik.

## **I. DAFTAR PUSTAKA**

- [APHA] American Public Health Association. 1975. Standar Methods for the Eximination of Water and Wastewater 14th Edition. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation
- Behera M, Ghangrekar M.M. 2009. Performance of Microbial Fuel Cell in Response to Change in Sludge Loading Rate at Different Anodic Feed pH. *Bioresource Technology* 100 5114-5121.
- Cheng S, Logan BE. 2011. Increasing Power Generation for Scaling up Single-Chamber Air Cathode Microbial Fuel Cells. *Bioresource Technology* 102 4468-4473.
- Fitrialdi. 2011. Microbial Fuel Cell sebagai Energi Alternatif Menggunakan Bakteri *Escherichia coli*. Program Studi Kimia, Pascasarjana Universitas Andalas.
- Ibrahim B. 2005. Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan Secara Biologis dengan Lumpur Aktif. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* Vol.VIII Nomor.1.
- Ibrahim B, Erungan Anna C, dan Heriyanto. 2009. Nilai Parameter Biokinetika Proses Denitrifikasi Limbah Cair Industri Perikanan pada Rasio

- COD/TKN yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* Vol.XII Nomor 1.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup. 2007 Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan hasil perikanan. Kepmen No 06 Tahun 2007.
- Lovley DR. 2006. Bug Juice: Harvesting Electricity With Microorganisms. *Nature Reviews Microbiology* Vol 4
- Logan Bruce E. 2008. *Microbial Fuel Cell*. Canada: WILEY.
- Rieuwpassa F. dan Salampeyy J. 1997. Pemanfaatan Limbah Industri Peru. *GOTI-Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Universitas Pattimura* Vol.2.
- Sitorus Berlian. 2010. Diversifikasi Sumber Energi Terbarukan melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba. *Jurnal ELKHA* Vol.2 No.1.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2009. Air dan Air Limbah-Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suprihatin, Romli M. 2009. Pendekatan Produksi Bersih dalam Industri Pengolahan Ikan: Studi Kasus Industri Penepungan Ikan. *Jurnal Kelautan Nasional* Vol. 2.
- Suyanto E. dkk. 2010. Pemanfaatan Limbah Cair Domestik IPAL Kricak sebagai Substrat Generator Elekrisitas Melalui Teknologi *Microbial Fuel Cell* Ramah Lingkungan. *Seminar Nasional Biologi UGM, Yogyakarta*.
- Zhu N, Chen X, Zhang T, Wu P, Li P, Wu J. 2011. Improved Performance of Membrane Free Single-Chamber Air-Cathode Microbial Fuel Cell with Nitric Acid and Ethylenediamine Surface Modified Activated Carbon Fiber Felt Anodes. *Bioresource Technology* 102 422-426.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Rincian penggunaan dana penelitian

No.	Keterangan Kegiatan	Biaya (Rp)
1.	Pengumpulan bahan baku untuk sampel	
	- Transportasi	200.000
	- Pembelian ikan selar ( <i>Caranx sp.</i> )	250.000
	- Pembelian Microplus	150.000
2.	Pembelian bahan untuk pembuatan MFC	
	- Karbon grafit (@Rp 50.000 x 27)	1.350.000
	- Aluminium	50.000
	- Stainless	50.000
	- Wadah plastik (@Rp 6.000 x 24)	144.000
	- Akrilik	170.000
	- Kabel kecil	20.000
	- Kabel tembaga	20.000

	- Jepit buaya	25.000
	- Selang	30.000
	- Aerator	350.000
	- Keran aerator	20.000
	- Dinamo (@Rp 6.000 x 9)	54.000
	- Corong plastik	20.000
	- Lem kaca	40.000
	- Pisau cutter	15.000
	- Gunting	12.000
	- Multimeter (@Rp 100.000 x 2)	200.000
	- Baterai	50.000
3.	Pembuatan limbah cair perikanan buatan	150.000
4.	Pembuatan sistem MFC	500.000
5.	Pengukuran elektrisitas	50.000
6.	Analisis laboratorium uji limbah	
	- COD (@Rp 30.000 x 36)	1.080.000
	- BOD (@Rp 30.000 x 36)	1.080.000
	- TAN (@Rp 40.000 x 36)	1.440.000
	- MLSS (@Rp 25.000 x 36)	900.000
	- MLVSS (@Rp 25.000 x 36)	900.000
<b>Total</b>		<b>Rp 9.420.000</b>

### Lampiran 2 Foto kegiatan





